

## OBJECTIVE LENS AND OPTICAL APPARATUS USING THE SAME

**Patent number:** JP2003161886 (A)

**Publication date:** 2003-06-06

**Inventor(s):** YAMAGUCHI KOTARO +

**Applicant(s):** NIPPON KOGAKU KK +

**Classification:**

- international: **G02B21/02; G02B21/04; H01L21/027; G02B21/02; H01L21/02;**  
(IPC1-7): G02B21/02; G02B21/04; H01L21/027

- european:

**Application number:** JP20010359018 20011126

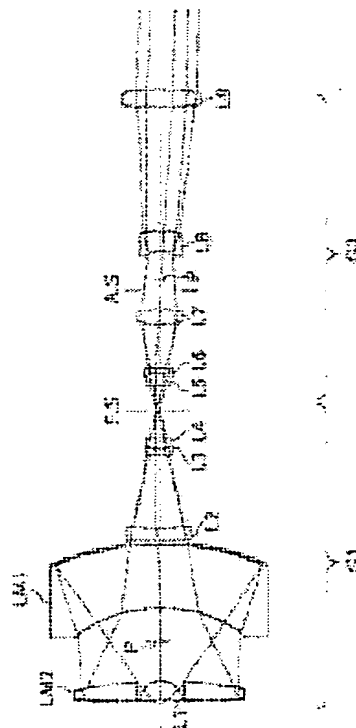
**Priority number(s):** JP20010359018 20011126

**Also published as:**

JP4066079 (B2)

### Abstract of JP 2003161886 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact objective lens which has a capability for correcting chromatic aberration, a large numerical aperture and less degradation of performance. ; **SOLUTION:** A first imaging optical system G1 for forming an intermediate image is constituted of a meniscus lens L1 having positive power sequentially increased from the object side, a second optical element LM2 having a double convex shape, a concave reflection mirror on a backside and positive power, a first optical element LM1 having a meniscus shape, a concave reflection mirror on a backside and negative power, a double concave lens L2, a meniscus lens L3 as a pair of separate tablets having negative power and a double convex lens L4. A second imaging optical system G2 for forming a secondary image is constituted of a double convex lens L5 as a second pair of separate tablets from the intermediate image side, a meniscus lens L6 having negative power, a double convex lens L7, a meniscus lens L8 having negative power and a double convex lens L9. ; **COPYRIGHT:** (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-161886  
(P2003-161886A)

(43) 公開日 平成15年6月6日 (2003.6.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B	21/02	G 0 2 B	21/02
	21/04		21/04
H 0 1 L	21/027	H 0 1 L	21/30
			5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-359018 (P2001-359018)

(22) 出願日 平成13年11月26日 (2001. 11. 26)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 山口 弘太郎

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100094846

弁理士 細江 利昭

Fターム (参考) 2H087 KA09 KA12 LA01 NA04 NA14

RA32 RA37 TA01 TA04 UA03

UA04

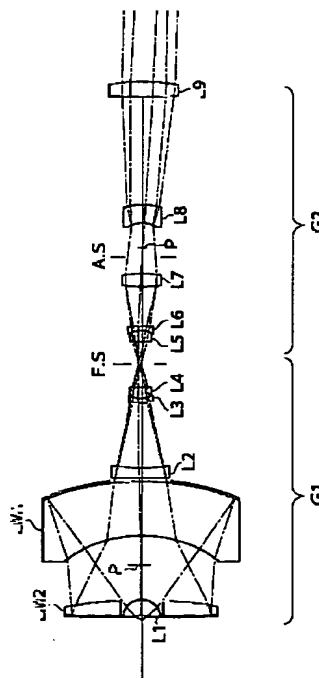
5F046 CA08 CB12 CB25 DA13

(54) 【発明の名称】 対物レンズ及びそれを用いた光学装置

(57) 【要約】

【課題】 色収差補正能力を有しつつ、大きな開口数を持つコンパクトで性能劣化が少ない対物レンズを提供する。

【解決手段】 中間像を形成する第1結像光学系G1は、物体側から順に正の強いパワーを有するメニスカスレンズL1と、裏面が凹面反射鏡で正のパワーを有する両凸形状の第2光学素子LM2と、裏面が凹面反射鏡で負のパワーを有するメニスカス形状の第1光学素子LM1と両凹レンズL2と、1組の分離型ダブルレットである負のパワーを有するメニスカスレンズL3、両凸レンズL4とから構成されている。2次像を形成する第2結像光学系G2は、中間像側から順に2組目の分離型ダブルレットである両凸レンズL5、負のパワーを有するメニスカスレンズL6と、両凸レンズL7と負のパワーを有するメニスカスレンズL8と、両凸レンズL9とから構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の中間像を形成させる第1結像光学系と、中間像をさらに拡大倍率で結像させる第2結像光学系から構成される結像光学系において、前記第1結像光学系は、凹面形状の反射面を有し中央に光透過部分を持つ第1光学素子と、反射面を有し中央に開口を持つ第2光学素子がお互いに向かい合うように配置され、物体面と前記第1光学素子との間の光路中に少なくとも1つの正の強い屈折力を有するレンズを含み、前記第2光学素子と中間像との間の光路中に少なくとも1つの負の屈折力を有するレンズを含むカタディオプトリック群であり、前記第2結像光学系は、屈折部材のみで構成され、全体として正の屈折力を有するレンズ群であり、物体面からの光は、前記第2の光学素子の中央の開口と前記正の強い屈折力を有するレンズを通して前記第1の光学素子で反射され、続いて前記第2の光学素子で反射され、さらに前記第1の光学素子の中央の透過部分と前記負の屈折力を有するレンズをこの順に通り、物体側にテレセントリックな光束に基づいて、前記第1結像光学系によって中間像が形成され、前記第2結像光学系によって物体の2次像が形成されることを特徴とする対物レンズ。

【請求項2】 前記物体面と前記第1光学素子との間の光路中に置かれた正の強い屈折力を有するレンズの焦点距離を  $f_1$  とし、前記結像光学系全体の焦点距離を  $F$  とするとき、以下の(1)式を満足することを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

$$1 < |f_1 / F| < 7 \quad \cdots (1)$$

【請求項3】 前記第1光学素子の反射鏡の横倍率を  $\beta_{M1}$  とし、前記第1結像光学系全体の横倍率を  $\beta_1$  とするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の対物レンズ。

$$0.3 < |\beta_{M1} / \beta_1| < 0.8 \quad \cdots (2)$$

【請求項4】 前記第2光学素子の反射鏡の横倍率を  $\beta_{M2}$  とし、前記第1結像光学系全体の横倍率を  $\beta_1$  とするとき、以下の(3)式を満足することを特徴とする請求項1から請求項3のうちいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.05 < |\beta_{M2} / \beta_1| < 0.5 \quad \cdots (3)$$

【請求項5】 前記第1光学素子の屈折面の曲率半径を  $R_1$  とし、前記第1光学素子の反射面の曲率半径を  $MR_1$  とし、前記第1光学素子の硝材の屈折率を  $n_1$  とするとき、以下の(4)式を満足することを特徴とする請求項1から請求項4のうちいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.1 < 2(n_1 - 1) / (n_1 R_1) + 2 / (n_1 MR_1) < 0 \quad \cdots (4)$$

【請求項6】 前記第1結像光学系の強い正屈折力のレンズ後方と前記第2結像光学系の前側焦点位置付近との2箇所に開口の中心部を遮蔽する中心遮蔽部材が配置されることを特徴とする請求項1から請求項5のうちいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項7】 請求項1から請求項6のうちいずれか1項に記載の対物レンズを有する光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する利用分野】 本発明は、主として遠紫外域の広い波長範囲で使用される高倍率で高解像の対物レンズ、及びそれを使用した光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子の集積度が向上するにつれて、細部まで観察するために光学系に要求される解像力は高くなる。そのために照明光を短波長化したり、対物レンズの開口数を大きくする必要がある。照明光の波長が遠紫外域になると光の吸収によって使用できる硝材が、石英ガラスや弗化ガラスなどに限られる。そして色収差を補正するために石英と蛍石を組み合わせ使用することが一般的であるが、屈折光学系だけでの色収差補正には限界があり、開口数が大きくなるほどより困難となる。

【0003】 従ってレンズ群のみで構成された対物レンズでは、多数のレンズが必要となり透過率の低減や光学系の製造コストの増大を避けられない。これに対し凹面反射鏡等を用いた反射光学系においては、色収差がなくレンズとは逆のベッツバル和への寄与があるために反射光学系と屈折光学系とを組み合わせ、いわゆる反射屈折光学系（カタディオプトリック）を構成することで色収差をはじめ諸収差を効率よく補正することができる。

【0004】 このような反射屈折光学系として種々の光学系が提案されている。例えば特開平10-177139号公報に記載されるものは、反射鏡やPBS等によって光軸が折り曲げられることなく、全ての光学要素が1つの光軸上に配置される反射屈折光学系である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 特開平10-177139号公報に示される技術は、2枚の中央部に開口のある反射鏡を用い、瞳近くで開口が大きいときに反射し、中間結像面の近くで開口の小さいときに通過するような構成で透過光と反射光との光路を分離する方法である。

【0006】 この光学系の開口数が大きい側を物体とみなすと、物体から出た光束が中央部に光透過性の開口部を持つ裏面鏡を透過する際にほとんど屈折部材としてのパワーを持っていないために入射角及び射出角が大きくなる。よって、特に大NA、広視野になると、もう1枚の裏面鏡を構成する屈折部材の大型化は避けられない。また光学部材への入射角や射出角が大きくなりすぎると反射防止膜の角度特性が悪化し透過率ムラ等によって光学性能を悪化させる。さらに裏面鏡のティルト誤差に要求される精度が厳しくなるため、高い組立て調整精度が必要となり光学系の製造コストを増大させてしまう。

【0007】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、遠紫外域の広い波長範囲で使用される場合でも、色収差補正能力を有しつつ、大きな開口数を持つコンパクトで性能劣化が少ない対物レンズ、及びそれを備えた光学装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、物体の中間像を形成させる第1結像光学系と、中間像をさらに拡大倍率で結像させる第2結像光学系から構成される結像光学系において、前記第1結像光学系は、凹面形状の反射面を有し中央に光透過部分を持つ第1光学素子と、反射面を有し中央に開口を持つ第2光学素子がお互いに向かい合うように配置され、物体面と前記第1光学素子との間の光路中に少なくとも1つの正の強い屈折力を有するレンズを含み、前記第2光学素子と中間像との間の光路中に少なくとも1つの負の屈折力を有するレンズを含むカタディオプトリック群であり、前記第2結像光学系は、屈折部材のみで構成され、全体として正の屈折力を有するレンズ群であり、物体面からの光は、前記第2の光学素子の中央の開口と前記正の強い屈折力を有するレンズを通して前記第1の光学素子で反射され、続いて前記第2の光学素子で反射され、さらに前記第1の光学素子の中央の透過部分と前記負の屈折力を有するレンズをこの順に通り、前記前記物体側にテレセントリックな光束に基づいて、前記第1結像光学系によって中間像が形成され、前記第2結像光学系によって物体の2次像が形成されることを特徴とする対物レンズ（請求項1）である。

【0009】本手段においては、物体面からの光は、前記第2の光学素子の中央の開口と前記正の強い屈折力を有するレンズを通して前記第1の光学素子に達するが、その際に正の強い屈折力を有するレンズによって収束方向に向かう屈折を受ける。よって、前記第1の光学素子に達する光の広がり小さくなり、その分だけ第1の光学素子の大きさを小さくすることができるので、色収差等の諸収差を、特開平10-177139号公報に示される技術と同様のカタディオプトリック光学系とすることにより消去しながら、全体構成を小型化することができる。なお、物体からの光が、第2の光学素子の中央の開口と正の強い屈折力を有するレンズを通る順番はどちらが先でもよいが、第2の光学素子の中央の開口部に正の強い屈折力を有するレンズを位置させると、スペースを有効に使うことができる。

【0010】また、本手段においては、第2の光学素子の中央部に開口を設けて、物体からの光をその開口を通してさせるようにしているので、第2の光学素子の大きさを大きくすることができて開口数を大きくでき、かつ、正の強い屈折力を有するレンズの大きさを小さくすることができる。

【0011】さらに本手段においては、第1光学素子で

反射された光が第1の光学素子の中央の透過部分と負の屈折力を有するレンズをこの順に通って中間像を形成する。負の屈折率を有するレンズを設けることにより、中間像の位置を第1の光学素子から遠ざける（物体面から遠ざける）ことができ、そのため、像倍率を大きくすることができる。

【0012】本手段においては、カタディオプトリックな第1結像光学系によって中間像が形成され、屈折部材のみで構成される第2結像光学系によって物体の2次像が形成されるので、第1結像光学系と第2結像光学系で発生する諸収差がお互い打ち消すように収差補正され、全体として、遠紫外域の広い波長範囲でも、色収差等の諸収差を小さくすることができる。

【0013】なお、本手段において、第2結像光学系が、全体として正の屈折力を有するように構成されているので、中間像を拡大して2次像を形成させることができる。

【0014】また、前記第2光学素子の反射面は、凹面形状とした方が、第1光学素子の光透過部分を小さくすることができ、中心遮蔽率が小さくなって結像性能の劣化を抑えることができるので好ましい。同様、第1結像光学系に倍率をもたせると、第1光学素子の光透過部の開口を小さくし、中心遮蔽率が小さくなって結像性能の劣化を抑えることができるので好ましい。

【0015】また、前記正の強いレンズは、レンズの物体面側の入射角及び像側の出射角が小さいので、第1の結像光学系が傾いても、球面収差やコマ収差への影響を小さくすることができる。

【0016】なお、一般的に、本手段において、遠紫外域の広い波長範囲で使用する場合には、結像光学系を構成する光学部材が、石英ガラスや弗化ガラスなどの遠紫外線透過率の高い屈折率素材であることが望ましい。また、石英ガラスや蛍石等の弗化ガラスを組み合わせて構成することで、色収差を効率良く補正できる。

【0017】なお、本手段は、遠紫外域の波長で使用するのに特に適したものであるが、必ずしも、遠紫外域の波長のみで使用するものではなく、可視光等の波長領域で使用しても、その効果があり、使用可能であることは言うまでもない。

【0018】前記課題を解決するための第2の手段は、前記第1の手段であって、前記物体面と前記第1光学素子との間の光路中に置かれた正の強い屈折力を有するレンズの焦点距離を $f_1$ とし、前記結像光学系全体の焦点距離を $F$ とすると、以下の(1)式を満足することを特徴とするもの（請求項2）である。

$$1 < |f_1/F| < 7 \quad \cdots (1)$$

【0019】条件式(1)は、物体と第1光学素子との間の光路中の正レンズの適正なパワーを規定する。条件式(1)の下限値を下回って $f_1/F$ が1以下になると、レンズのパワーが強くなりすぎて凸面で発生するコ

マ収差や色収差の補正が困難となる。逆に条件式(1)の上限を上回って $f_1/F$ が7以上になると、レンズのパワーが弱くなって第1光学素子に入射する光束径が大きくなりすぎて第1光学素子を構成する部材の大型化を招くだけでなく、第1結像光学系でのミラーのパワー負担が大きくなりすぎて負のベッツバール和が増大し像面湾曲の補正が困難となる。

【0020】前記課題を解決するための第3の手段は、前記第1の又は第2の手段であって、前記第1光学素子の反射鏡の横倍率を $\beta M1$ とし、前記第1結像光学系全体の横倍率を $\beta 1$ とすると、以下の(2)式を満足することを特徴とするもの(請求項3)である。

$$0.3 < |\beta M1 / \beta 1| < 0.8 \quad \dots (2)$$

【0021】条件式(2)は、第1光学素子の反射鏡の横倍率を規定するが、間接的に反射鏡の適正なパワーも規定する。 $|\beta M1 / \beta 1|$ が条件式(2)の下限値を下回って0.3以下になると反射鏡のパワーが強くなってコマ収差の補正が困難となるだけでなく、負のベッツバール和が増大し像面湾曲の補正が困難となる。逆に条件式(2)の上限を上回って $|\beta M1 / \beta 1|$ が0.8以上になると反射鏡のパワーが弱くなって第2光学素子の反射鏡の有効径を増大させたり、第2光学素子の反射鏡のパワー負担が大きくなりすぎてコマ収差の補正が困難となる。

【0022】前記課題を解決するための第4の手段は、前記第1の手段から第3の手段のいずれかであって、前記第2光学素子の反射鏡の横倍率を $\beta M2$ とし、前記第1結像光学系全体の横倍率を $\beta 1$ とすると、以下の(3)式を満足することを特徴とするもの(請求項4)である。

$$0.05 < |\beta M2 / \beta 1| < 0.5 \quad \dots (3)$$

【0023】条件式(3)は、第2光学素子の反射鏡の横倍率を規定するが、間接的に反射鏡の適正なパワーも規定する。条件式(3)の下限値を下回って $|\beta M2 / \beta 1|$ が0.05以下になると前記第4の手段の場合と同様に反射鏡のパワーが強くなってコマ収差の補正が困難となるだけでなく、負のベッツバール和が増大し像面湾曲の補正が困難となる。逆に条件式(3)の上限を上回って $|\beta M2 / \beta 1|$ が0.5以上になると反射鏡のパワーが弱くなって第1光学素子の光透過部分による光束のけられが大きくなり遮蔽率を増大させてしまう。

【0024】前記課題を解決するための第5の手段は、前記第1の手段から第4の手段のいずれかであって、前記第1光学素子の屈折面の曲率半径を $R1$ とし、前記第1光学素子の反射面の曲率半径を $MR1$ とし、前記第1光学素子の硝材の屈折率を $n1$ とすると、以下の(4)式を満足することを特徴とするもの(請求項5)である。

$$-0.1 < 2(n1-1)/(n1 R1) + 2/(n1 MR1) < 0 \quad \dots (4)$$

【0025】条件式(4)は、第1光学素子単体のベッ

ツバール和 $PSM1$ を規定する。条件式(4)の下限を下回って $PSM1$ が-0.1以下になると、全光学系における負のベッツバール和が増大し像面湾曲の補正が困難になり平坦性が悪くなる。逆に条件式(4)の上限を上回って $PSM1$ が0以上になると正のベッツバール和が増大し、同様に像面湾曲の補正が困難となる。

【0026】前記課題を解決するための第6の手段は、前記第1の手段から第5の手段のいずれかであって、前記第1結像光学系の強い正屈折力のレンズ後方と前記第2結像光学系の前側焦点位置付近との2箇所に開口の中心部を遮蔽する中心遮蔽部材が配置されることを特徴とするもの(請求項6)である。

【0027】本手段においては、中心遮蔽部材により、第1光学素子や第2光学素子の反射面に入射しないで中心部を透過してしまう光をカットすることが可能である。

【0028】前記課題を解決するための第7の手段は、前記第1の手段から第7の手段のいずれかである対物レンズを有する光学装置(請求項7)である。

【0029】本手段においては、前記第1の手段から第6の手段のいずれかである対物レンズを使用しているので、遠紫外域の広い波長範囲でも色収差が小さく、コンパクトで性能劣化の少ない光学装置とすることができ、また、前記第1の手段から第7の手段の対物レンズを高解像力で優れた結像性能の紫外線用対物レンズとすることができるため、紫外線を使用することにより、半導体素子などのより微細なパターンを細部まで観察することができる。光学装置の代表的なものとしては、顕微鏡や検査装置が挙げられる。

【0030】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施例1～3では、210nmを基準波長として最適化されており、硝材である石英ガラス及び蛍石の屈折率は、以下の表1に従う。

(表1)

【0031】

【表1】

波長 (nm)	屈折率	
	石英ガラス	蛍石
193.3	1.560353	1.501474
210.0	1.538403	1.487584
230.0	1.520293	1.475773
250.0	1.507509	1.467289
300.0	1.487857	1.454008

【0032】(第1実施例)図1は、本発明の第1の実施例である対物レンズの構成の概要を示す図である。図1に示した第1実施例は、倍率80倍、開口数0.8、視野数28の反射屈折型対物レンズで210nmから300nmの波長帯域で観察が可能となるように設計されている。

【0033】この第1実施例において中間像を形成する

第1結像光学系G1は、物体側から順に正の強いパワーを有するメニスカスレンズL1と、裏面が凹面反射鏡で正のパワーを有する両凸形状の第2光学素子LM2と、裏面が凹面反射鏡で負のパワーを有するメニスカス形状の第1光学素子LM1と両凹レンズL2と、1組の分離型ダブルレットである負のパワーを有するメニスカスレンズL3、両凸レンズL4とから構成されている。

【0034】この場合、分離型ダブルレットである負のパワーを有するレンズと正のパワーを有するレンズには、異なる硝材を用いることが色収差補正上好ましく、さらに、遠紫外域の広い波長範囲で使用する場合には、正のパワーを有するレンズには蛍石を使用し、負のパワーを有するレンズには石英ガラスを使用することが色収差補正上好ましい。また、遠紫外域の広い波長範囲で使用する場合には、正の強いパワーを有するレンズ（本実施例においてはメニスカスレンズL1）を蛍石とすると、色収差補正においてさらに良い結果を得ることができる。

【0035】2次像を形成する第2結像光学系G2は、中間像側から順に2組目の分離型ダブルレットである両凸レンズL5、負のパワーを有するメニスカスレンズL6と、両凸レンズL7と負のパワーを有するメニスカスレンズL8と、両凸レンズL9とから構成されている。この場合も、分離型ダブルレットである負のパワーを有するレンズと正のパワーを有するレンズには、異なる硝材を用いることが色収差補正上好ましく、さらに、遠紫外域の広い波長範囲で使用する場合には、正のパワーを有するレンズには蛍石を使用し、負のパワーを有するレンズ

には石英ガラスを使用することが色収差補正上好ましい。

【0036】なお、メニスカスレンズL1の後方と、第2結像光学系G2の前側焦点位置付近には、中心遮蔽部材Pが配置されていて、第1光学素子LM1や第2光学素子LM2の反射面に入射しないで中心部を透過してしまう光をカットしている。また、第1結像光学系によって形成される中間像位置付近には、視野絞りF、Sが配置されている。この位置に視野絞りF、Sを配置することで、第1及び第2結像光学系で発生するフレアーや迷光をカットすることが可能となる。さらに、第2結像光学系G2中の前側焦点位置付近に開口絞りA、Sが配置され、この対物レンズの開口数を決定している。

【0037】表2に第1実施例の諸元の値及び条件対応値を示す。表2中において、 $\beta$ は倍率、NAは開口数、Fは全系の合成焦点距離、 $r$ は各光学要素面の曲率半径、 $d$ は面間隔、Gは硝材等を表しており、W.D.は、物体面から第1面までの距離である。また、(1)式～(4)式に対応する値を併せて示している。第1実施例についての諸収差図を図3、図4に示す。なお、図3、図4において、実線は $\lambda=210\text{nm}$ 、破線は $\lambda=250\text{nm}$ 、1点鎖線は $\lambda=300\text{nm}$ 、2点鎖線は $\lambda=230\text{nm}$ に対するものである。

(表2)

【0038】

【表2】

$\beta = 80$ 、 $NA = 0.8$ 、 $W.D. = 1.37258$ 、 $F = -8.165$ 、  
 $|f1/F| = 3.377$ 、 $|\beta M1/\beta 1| = 0.552$ 、 $|\beta M2/\beta 1| = 0.134$ 、  
 $2(n1-1)/n1 \cdot R1 + 2/n1 \cdot MR1 = -0.048$

面番号	r	d	G
1:	-4.5928	4.5000	蛍石
2:	-4.5000	17.8304	
3:	28.3995	15.0272	石英ガラス
4:	55.8051	-15.0272	反射面 石英ガラス
5:	28.3995	-18.1304	
6:	98.8598	4.5000	石英ガラス
7:	337.5265	4.5000	反射面 石英ガラス
8:	98.8598	18.1304	
9:	28.3995	15.0272	石英ガラス
10:	55.8051	1.0000	
11:	-194.1905	3.0000	石英ガラス
12:	45.9257	18.1122	
13:	61.3598	1.0000	石英ガラス
14:	4.3157	0.1000	
15:	4.4695	3.0000	蛍石
16:	-16.6197	12.9122	
17:	23.5653	3.0000	蛍石
18:	-4.3432	0.1344	
19:	-4.2269	1.0000	石英ガラス
20:	-17.3822	11.0000	
21:	19.8942	3.7063	石英ガラス
22:	-15.8715	13.7623	
23:	-5.3951	5.0000	石英ガラス
24:	-11.4177	30.0000	
25:	316.7868	4.0000	石英ガラス
26:	49.4102		

【0039】(第2実施例)図2は、本発明の第2の実施例である対物レンズの構成の概要を示す図である。図2に示した第2実施例は、前記第1実施例と同様に倍率80倍、開口数0.8、視野数28、波長帯域210nm~300nmで観察可能な反射屈折型対物レンズである。この第2実施例においては、2次像を形成する第2結像光学系G2の最後段に、負のパワーを有する凹レンズL10が設けられている他は、その光学素子の構成は第1実施例と同じであるので、図1と同じ構成要素には同じ符号を付

してその説明を省略する。表3に第2実施例の諸元の値及び条件対応値を示す。表3中における記号は、表2と同じものを示す。また、第2実施例についての諸収差図を図5、図6に示す。なお、図5、図6において、実線は $\lambda = 210\text{nm}$ 、破線は $\lambda = 250\text{nm}$ 、1点鎖線は $\lambda = 300\text{nm}$ 、2点鎖線は $\lambda = 230\text{nm}$ に対するものである。

(表3)

【0040】

【表3】

!(7) 003-161886 (P2003-161886A)

$\beta = 80$ 、 $NA = 0.8$ 、 $W.D. = 1.63080$ 、 $F = -7.950$ 、  
 $|f1/F| = 3.405$ 、 $|\beta M1/\beta 1| = 0.564$ 、 $|\beta M2/\beta 1| = 0.155$ 、  
 $2(n1-1)/n1 \cdot R1 + 2/n1 \cdot MR1 = -0.048$

面番号	r	d	G
1:	-4.5878	4.6000	蛍石
2:	-4.5000	17.2355	
3:	-28.5401	14.9734	石英ガラス
4:	-55.4843	-14.9734	反射面 石英ガラス
5:	-28.5401	-17.2355	
6:	-101.2568	-4.6000	石英ガラス
7:	374.1013	4.6000	反射面 石英ガラス
8:	-101.2568	17.2355	
9:	-28.5401	14.9734	石英ガラス
10:	-55.4843	0.6846	
11:	6416.5195	3.0000	石英ガラス
12:	48.8523	19.5751	
13:	29.2037	1.0000	石英ガラス
14:	4.2172	0.1000	
15:	4.4154	3.0000	蛍石
16:	-18.0276	13.4898	
17:	53.2188	3.0000	蛍石
18:	-4.7929	0.4359	
19:	-4.5320	1.0000	石英ガラス
20:	-14.5154	11.0000	
21:	26.5543	4.5949	蛍石
22:	-13.8083	17.7135	
> 23:	-6.2055	5.0000	石英ガラス
24:	-13.3905	22.4489	
25:	173.0366	4.0000	石英ガラス
26:	-19.9594	1.0000	
27:	-20.5340	3.0000	石英ガラス
28:	-59.5625		

【0041】(第3実施例) 本発明の第3の実施例である対物レンズのレンズ構成は第1実施例と同じであり、各光学素子のパラメータが異なるだけである。この第3実施例は、倍率80倍、開口数0.8、視野数28の反射屈折型対物レンズで、波長帯域が193nmから250nmで観察可能となるように性能を最適化してある。

【0042】表4に、第3実施例の諸元の値及び条件対応値を示す。表4中における記号は、表2と同じものを

示す。また、第3実施例についての諸収差図を図7、図8に示す。なお、図7、図8において、実線は $\lambda = 210\text{nm}$ 、短い破線は $\lambda = 230\text{nm}$ 、長い破線は $\lambda = 193.3\text{nm}$ 、1点鎖線は $\lambda = 250\text{nm}$ に対するものである。

(表4)

【0043】

【表4】



$$\begin{aligned} \beta &= 80, NA=0.8, W.D.=1.32732, F=-8.1080, \\ |f1/F| &= 3.340, |\beta M1/\beta 1| = 0.508, |\beta M2/\beta 1| = 0.134, \\ 2(n1-1)/n1 \cdot R1 + 2/n1 \cdot MR1 &= -0.047 \end{aligned}$$

面番号	r	d	G
1:	-4.5863	4.6000	蛍石
2:	-4.5000	18.2111	
3:	-28.7211	14.9461	石英ガラス
4:	-56.2566	-14.9461	反射面 石英ガラス
5:	-28.7211	-18.7111	
6:	-103.9587	-4.6000	石英ガラス
7:	329.2342	4.6000	反射面 石英ガラス
8:	-103.9587	18.7111	
9:	-28.7211	14.9461	石英ガラス
10:	-56.2566	1.0000	
11:	-239.6141	3.0000	石英ガラス
12:	43.4960	17.1766	
13:	39.7931	1.0000	石英ガラス
14:	4.2780	0.1000	
15:	4.3745	3.0000	蛍石
16:	-18.9818	12.5045	
17:	26.4833	3.0000	蛍石
18:	4.2636	0.1000	
19:	4.1742	1.0000	石英ガラス
20:	-15.7192	11.0000	
21:	19.8851	5.0000	石英ガラス
22:	-15.3942	12.6389	
23:	5.4583	5.0000	石英ガラス
24:	-11.4073	30.0000	
25:	435.7221	4.0000	石英ガラス
26:	-50.2482		

【0044】（第4実施例）図9は、本発明に係る対物レンズを使用した検査装置を示す図である。光源からの光は照明レンズ1を通り、ハーフミラー2によって反射された成分が、本発明に係る対物レンズ3を通して、被検査物体4上を照明する。被検査物体の被検査面からの反射光は、対物レンズ3を通り、ハーフミラー2を通過した成分が、被検査面の像をセンサ5の光検出面に結像する。センサ5としてはCCD等を使用することができ、これにより、被検査面の画像を得ることができる。この実施例においては、本発明に係る対物レンズ5を使用しているため、遠紫外域の広い波長範囲でも色収差が小さく、コンパクトで性能劣化の少ない検査装置とすることができる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、遠紫外域の広い波長範囲で使用される場合でも、色収差補正能力を有しつつ、大きな開口数を持つコンパクトで性能劣化が少ない対物レンズ及びそれを備えた光学装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例、第3実施例である対物レンズのレンズ構成図である。

【図2】本発明の第2実施例である対物レンズのレンズ

構成図である。

【図3】本発明の第1実施例の横収差図である。

【図4】本発明の第1実施例の縦収差図及び歪曲収差図である。

【図5】本発明の第2実施例の横収差図である。

【図6】本発明の第2実施例の縦収差図及び歪曲収差図である。

【図7】本発明の第3実施例の横収差図である。

【図8】本発明の第3実施例の縦収差図及び歪曲収差図である。

【図9】本発明の反射屈折型対物レンズを検査装置に適用した際の概略的な構成を示す図である。

【符号の説明】

G1…第1結像光学系

G2…第2結像光学系

L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7、L8、L9、L10…レンズ

LM1…第1反射光学素子

LM2…第2反射光学素子

A.S…開口絞り

F.S…視野絞り

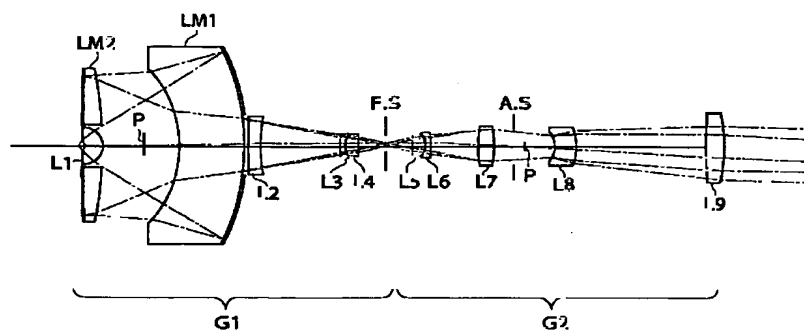
P…中心遮蔽部材

1…照明レンズ

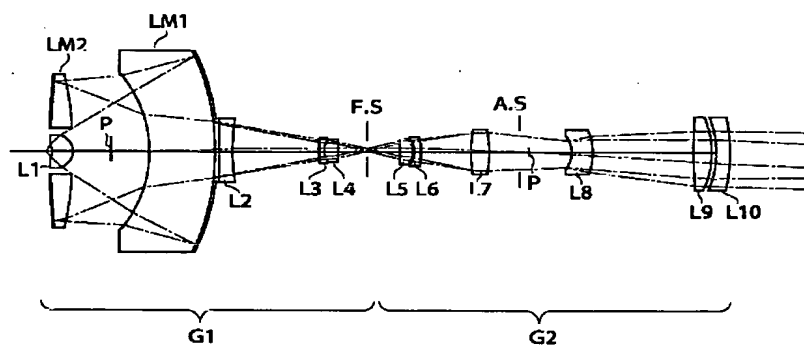
2…ハーフミラー  
3…対物レンズ

4…被検査物体  
5…センサ

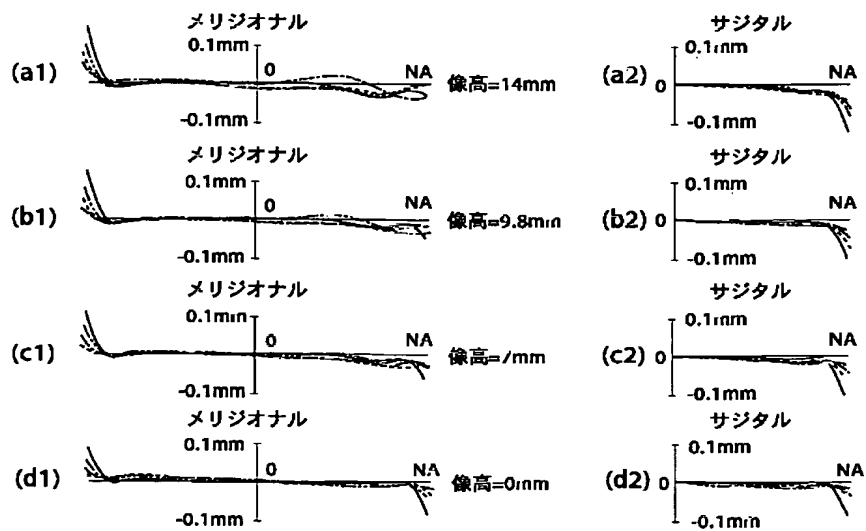
【図1】



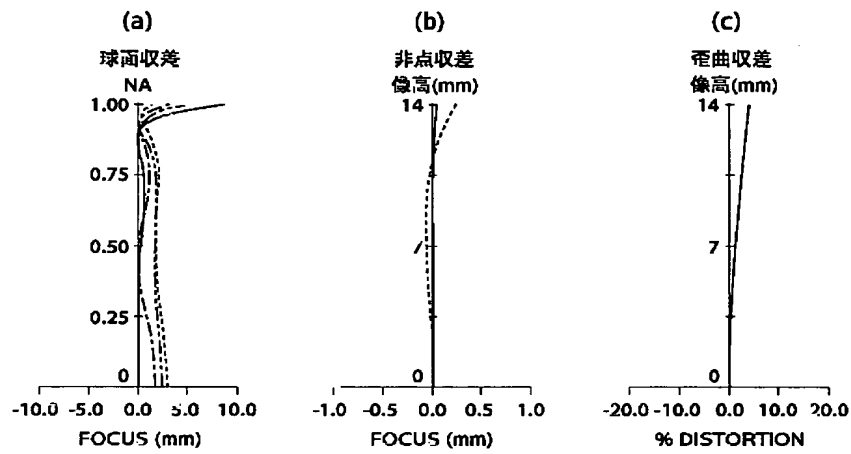
【図2】



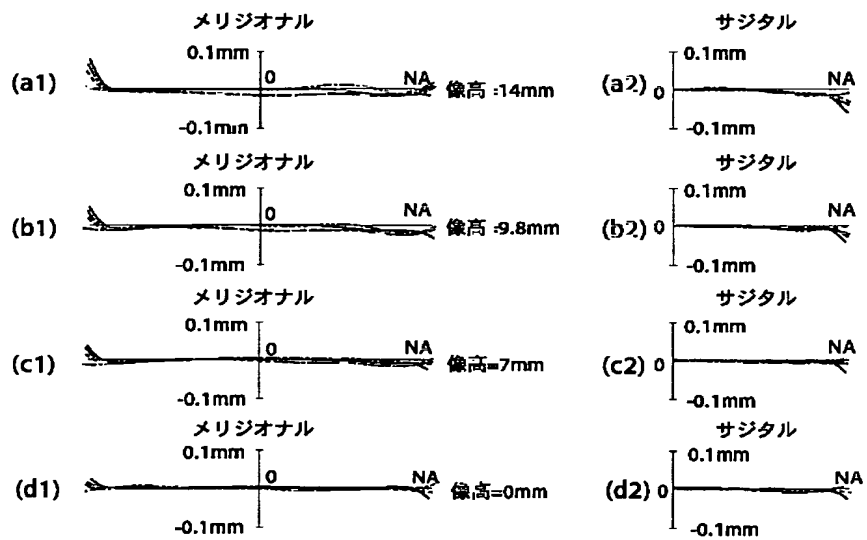
【図3】



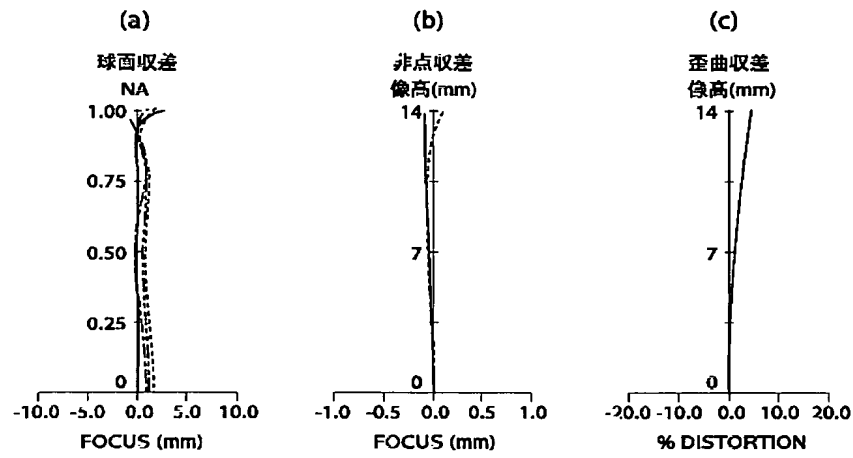
【図4】



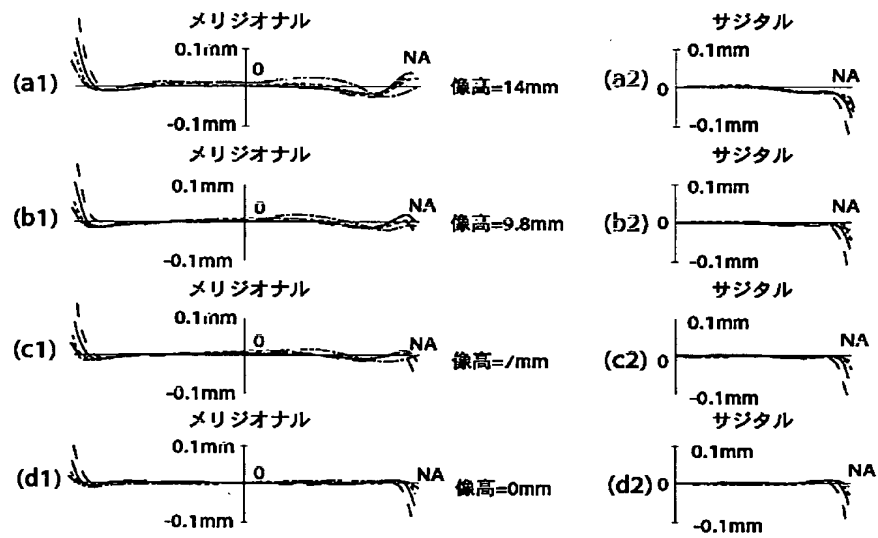
【図5】



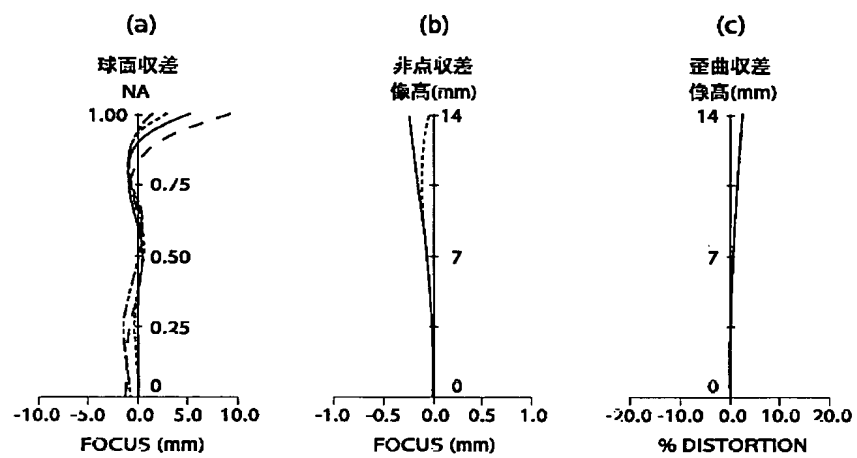
【図6】



【図7】



【图8】



【图9】

